

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-098258

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 21/32

B25J 7/00

C12M 1/00

G05D 3/12

(21)Application number : 10-270161

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 24.09.1998

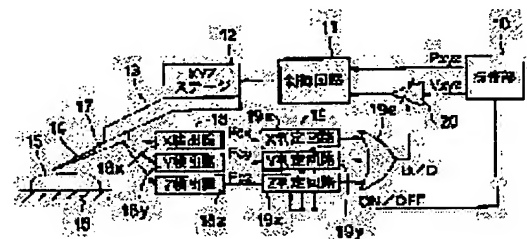
(72)Inventor : SAKAI NOBUAKI

(54) MICROMANIPULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the damage of a manipulation needle and a specimen by automatically switching the coarse movement and fine movement of the manipulation needle.

SOLUTION: The micromanipulator for fine manipulation of the specimen 15 by using the manipulation needle 14 under the visual field of a microscope has a manipulation section 10 which acts as an input means for inputting the operation contents, such as moving direction, moving distance and moving speed, of the manipulation needle 14 and an operation command means for outputting an operation command signal according to the inputted operation contents, an actuator 12 which converts the operation command signal outputted from the manipulation section 10 to the mechanical kinetic energy corresponding to the operation contents, a movable body 13 which receives the kinetic energy from the actuator 12 and geometrically displaces the manipulation needle 14, a force detecting means 17 which detects the force acting on the manipulation needle 14 and a decision circuit 19 and variable gain amplifier 20 which control the moving speed of the manipulation needle 14 in accordance with the output of the force detecting means 17.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the micromanipulator which carries out detailed actuation of the specimen under the visual field of a microscope using an actuation needle The base material which supports said actuation needle, and an input means to input activity, such as the migration direction of said actuation needle, migration length, and passing speed, An operating-command means to output a command signal of operation according to the activity inputted from the input means, The actuator which changes into the mechanical kinetic energy corresponding to said activity the command signal of operation outputted from the operating-command means, The movable object to which the variation rate of said base material is geometrically carried out in response to the kinetic energy from an actuator, The micromanipulator characterized by having a force detection means to detect the force of it being attached in said base material and acting on said actuation needle, and a speed-control means to control the passing speed of said actuation needle based on an output for this force detection means.

[Claim 2] Said speed-control means is a micromanipulator according to claim 1 characterized by having an integral means to give the acceleration judging of the passing speed of said actuation needle, and a differential means to give the moderation judging of the passing speed of said actuation needle.

[Claim 3] In the micromanipulator which carries out detailed actuation of the specimen under the visual field of a microscope using an actuation needle The base material which supports said actuation needle, and an input means to input activity, such as the migration direction of said actuation needle, migration length, and passing speed, An operating-command means to output a command signal of operation according to the activity inputted from the input means, The actuator which changes into the mechanical kinetic energy corresponding to said activity the command signal of operation outputted from the operating-command means, The movable object to which the variation rate of said base material is geometrically carried out in response to the kinetic energy from an actuator, The jogging actuator which changes into mechanical kinetic energy smaller than said actuator the command signal of operation outputted from the operating-command means while corresponding to said activity, The jogging good dynamic body to which the jogging variation rate of said base material is geometrically carried out in response to the kinetic energy from a jogging actuator, A force detection means to detect the force of it being attached in said base material and acting on said actuation needle, The micromanipulator characterized by having a selection means to choose one of said actuators and jogging actuators based on the detection value from this force detection means, and to supply said command signal of operation.

[Claim 4] Said selection means is a micromanipulator according to claim 3 characterized by having an integral means to give the selection judging of said actuator, and a differential means to give the selection judging of said jogging actuator.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the micromanipulator which carries out detailed actuation of the specimen, such as a cell performed under an optical microscope.

[0002]

[Description of the Prior Art] The micromanipulator as a peripheral device of an optical microscope is used in order to carry out detailed actuation of the biological materials, such as a cell put on the bottom of the visual field of an optical microscope, from remoteness. As this micromanipulator, the activity of an actuation needle which contacts the specimen from an input means is directed, an operating-command means outputs the command signal of operation according to the activity inputted from this input means, and an actuator changes into mechanical kinetic energy based on this command signal of operation so that it may be indicated by JP,6-342121,A. And the movable object which supports an actuation needle displaces geometrically with the kinetic energy from an actuator. Thereby, extraction of a cell, separation, suction, a stimulus, etc. can be performed using a micropipette, a needle, etc., and the mechanism of a cell can be analyzed.

[0003] In this micromanipulator, quick coarse adjustment actuation the bottom of the microscopic field or out of the microscopic field and precise jogging actuation required for detailed actuation of the specimen are required of an actuation needle. For this reason, invention which controls migration of an actuation needle by the jog is indicated by JP,9-281404,A. In this invention, sequential connection of a speed-control means and the drive control means is made, and an actuation needle is moved to a jog by the drive control means, and if an actuation needle performs coarse adjustment actuation with big movement magnitude and rotates a jog slowly by rotating a jog quickly, it will change so that small jogging actuation of movement magnitude may be performed. Or a coarse adjustment and jogging are changed with a push-button SW.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in speed control indicated by JP,9-281404,A, since the operator has changed the rotational speed or push-button SW ** of a jog, if change actuation is not only troublesome, but an operation mistake is performed, the specimen and an actuation needle are damaged or it has the problem to destroy.

[0005] This invention is made in consideration of such a conventional trouble, and while making change actuation by the operator unnecessary by carrying out regulating automatically [for the purpose of the passing speed of an actuation needle], it aims at offering the micromanipulator which can prevent damage on the specimen or an actuation needle.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, invention of claim 1 In the micromanipulator which carries out detailed actuation of the specimen under the visual field of a microscope using an actuation needle The base material which supports said actuation needle, and an input means to input activity, such as the migration direction of said actuation needle, migration length, and passing speed, An operating-command means to output a command signal of operation according to the activity inputted from the input means, The actuator which changes into the mechanical kinetic energy corresponding to said activity the command signal of operation outputted from the operating-command means, The movable object to which the variation rate of said base material is geometrically carried out in

response to the kinetic energy from an actuator, It is characterized by having a force detection means to detect the force of it being attached in said base material and acting on said actuation needle, and a speed-control means to control the passing speed of said actuation needle based on an output for this force detection means.

[0007] In this invention, if activity, such as the migration direction of an actuation needle, is inputted from an input means, AKUCHIEETAHE sending out of the command signal of operation according to that activity will be carried out. This command signal of operation is changed into movement ENENOREGI by the actuator, and is supplied to a movable object. Consequently, an actuation needle moves as the directed activity. Since the base material which supports an actuation needle is equipped with the force detection means at this time, if an actuation needle contacts a cell, that contact force will be detected. A speed-control means can ask for passing speed with the optimal actuation needle based on the magnitude of contact force, consequently can control the speed in an actuation needle.

[0008] Invention of claim 2 is invention according to claim 1, and said speed-control means is characterized by having an integral means to give the acceleration judging of the passing speed of said actuation needle, and a differential means to give the moderation judging of the passing speed of said actuation needle.

[0009] Since the speed-control means is equipped with a differential means to give a moderation judging, and an integral means to give an acceleration judging, an actuation needle slows down and is [acceleration] controllable by this invention.

[0010] In the micromanipulator with which invention of claim 3 carries out detailed actuation of the specimen under the visual field of a microscope using an actuation needle The base material which supports said actuation needle, and an input means to input activity, such as the migration direction of said actuation needle, migration length, and passing speed, An operating-command means to output a command signal of operation according to the activity inputted from the input means, The actuator which changes into the mechanical kinetic energy corresponding to said activity the command signal of operation outputted from the operating-command means, The movable object to which the variation rate of said base material is geometrically carried out in response to the kinetic energy from an actuator, The jogging actuator which changes into mechanical kinetic energy smaller than said actuator the command signal of operation outputted from the operating-command means while corresponding to said activity, The jogging good dynamic body to which the jogging variation rate of said base material is geometrically carried out in response to the kinetic energy from a jogging actuator, It is characterized by having a force detection means to detect the force of it being attached in said base material and acting on said actuation needle, and a selection means to choose one of said actuators and jogging actuators based on the detection value from this force detection means, and to supply said command signal of operation.

[0011] In this invention, if activity, such as the migration direction of an actuation needle, is inputted from an input means, the command signal of operation according to that activity will be supplied to a selection means. Based on the output of a force detection means by which the selection means was formed in the base material, it judges which is more suitable for actuation of an actuation needle between jogging and a coarse adjustment, and the sending-out place of a command signal of operation is chosen. When it is judged that a coarse adjustment is suitable, AKUCHUETAHE sending out of the command signal of operation is carried out. The sent-out command signal of operation is changed into kinetic energy by the actuator, and is supplied to a movable object. Thereby, an actuation needle carries out coarse adjustment migration as the directed activity. On the other hand, when it is judged that jogging is appropriate, jogging AKUCHUETAHE sending out of the command signal of operation is carried out. This command signal of operation is changed into small kinetic energy by the jogging actuator, and is supplied to a jogging good dynamic body. Thereby, an actuation needle carries out jogging migration along with the directed activity. Therefore, in this invention, control which changes jogging and the coarse adjustment of an actuation needle can be performed.

[0012] Invention of claim 4 is invention according to claim 3, and said selection means is characterized by having an integral means to give the selection judging of said actuator, and a differential means to give the selection judging of said jogging actuator.

[0013] Since the selection means has an integral means to give the selection judging of a coarse adjustment,

and a differential means to give the selection judging of jogging, the change of jogging of an actuation needle and a coarse adjustment is certainly controllable by this invention.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation illustrating this invention explains concretely. In addition, the same element attaches the same sign and makes it have corresponded in the gestalt of each operation.

[0015] (Gestalt 1 of operation) Drawing 1 shows the micromanipulator of the gestalt 1 of operation of this invention, a control circuit 11 is connected to a control unit 10, the XYZ stage 12 is connected to the control circuit 11, and the holder 13 is attached in the XYZ stage 12. A force sensor 14 is attached in a holder 13, and the actuation needle 14 is supported by the force sensor 14. This actuation needle 14 contacts the biological materials 15, such as a cell which is the analyte prepared on the sample base 16. Moreover, a detector 18 is connected to a force sensor 14, and the judgment circuit 19 is connected to the detector 18. The judgment circuit 19 is equipped with OR circuit 19e mentioned later, and is connected to the adjustable gain amplifier 20 with which this OR circuit 19e was inserted between the control unit 10 and the control circuit 11.

[0016] The actuation needle 14 consists of a probe in which the tip was radicalized in order to add detailed actuation to a biological material 15. Moreover, the actuation needle 14 may be a needle, a micropipette, etc. which consist of a glass electrode.

[0017] A holder 13 moves to 3 shaft orientations of XYZ by constituting a movable object and being attached in the XYZ stage 12.

[0018] As for a control unit 10, activity, such as the migration direction of the actuation needle 14, a migration location, and passing speed, is inputted by the operator. And the inputted activity is changed into a command signal of operation, and it outputs to a control circuit 11 and the adjustable gain amplifier 20. Therefore, a control unit 10 constitutes an operating-command means to output an input means to input the activity of the actuation needle 14, and the inputted activity, as a command signal of operation. In this case, the command signal Pxyz of operation about the migration direction or a migration location is outputted to a control circuit 11, and the command signal Vxyz of operation about passing speed is outputted to the adjustable gain amplifier 20. In addition, in a control unit 10, while activity is inputted, ON signal is outputted, and an OFF signal is outputted except it. It is constituted by a joy stick, a trackball, or the keyboard as this control unit 10.

[0019] The adjustable gain amplifier 20 changes the gain of the command signal Vxyz of operation outputted from a control unit 10 according to directions of the judgment circuit 19 mentioned later. That is, when U signal later mentioned from the judgment circuit 19 is outputted, gain is set up 1 time (actual size), and when D signal later mentioned from the judgment circuit 19 is outputted, gain is set as $1 / 100 - 1/1000$. In addition, as for these gain set points, changing according to an application is desirable. And the adjustable gain amplifier 20 outputs Vxyz changed according to the set-up gain to a control circuit 11.

[0020] A control circuit 11 controls the XYZ stage 12 so that the tip of the actuation needle 14 operates a request according to the command signal Pxyz of operation about the migration direction and migration location which are outputted from a control unit 10, and the output signal (gain x Vxyz) from the adjustable gain amplifier 20. As this control system, the position sensor which detects the location of open loop control or the actuation needle 14 may be prepared, and you may be whichever of the feedback control based on that sensor.

[0021] The XYZ stage 12 moves a holder 13 to 3 shaft orientations of XYZ according to the output from a control circuit 11. Thereby, the actuation needle 14 moves to 3 shaft orientations of XYZ. Therefore, a control circuit 11 and the XYZ stage 12 act as an actuator changed into the mechanical kinetic energy corresponding to the activity of the actuation needle 14.

[0022] A force sensor 17 detects the force of acting on the actuation needle 14 while supporting the actuation needle 14, after having been supported by the holder 13. It is constituted by the strain gage from which it is prepared in ***** and ***** and resistance changes as a force sensor 17 according to distortion. As this force sensor 17, it is desirable that the force of not only one shaft but biaxial or 3 shaft orientations is detectable. Moreover, as a force sensor 17, the sense-of-force sensor indicated by JP,9-257612,A may be used.

[0023] A detector 18 is outputted to the judgment circuit 19 by making the amount of resistance value changes by distortion of a force sensor 17 into an electrical signal. It detects distortion of the direction of X of a force sensor 17, and this detector 18 detects distortion of X detector 18x which output that electrical signal Fcx to the judgment circuit 19, and the direction of Y of a force sensor 17, and distortion of Y detector 18y which outputs that electrical signal Fcy to the judgment circuit 19, and the Z direction of a force sensor 17 is detected, and it is constituted by Z detector 18z which outputs that electrical signal Fcz to the judgment circuit 19. In addition, by the following explanation, the electrical signal which named generically electrical signals Fcx, Fcy, and Fcz is indicated to be Fc.

[0024] The judgment circuit 19 is equipped with the judgment circuit to each direction of three shafts of XYZ. That is, the judgment circuit 19 is equipped with X judging circuit 19x into which an electrical signal Fcx is inputted from X detector 18x, Y judging circuit 19y into which an electrical signal Fcy is inputted from Y detector 18y, and Z judging circuit 19z into which an electrical signal Fcz is inputted from Z detector 18z. These judgment circuits 19x, 19y, and 19z supervise the electrical signals Fcx, Fcy, and Fcz from each detectors 18x, 18y, and 18z, and it judges whether electrical signals Fcx, Fcy, and Fcz (electrical signal Fc) are over predetermined level.

[0025] Drawing 2 shows the configuration inside each judgment circuit 19x, 19y, and 19z, and each judgment circuit 19x, 19y, and 19z has absolute-value circuit 19a, differential judging circuit 19b, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits. The judgment circuit 19 has further OR circuit 19e into which the these whole circuit signal of a from is inputted. namely, OR circuit 19e -- differential judging circuit 19b of X judging circuit 19x, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits -- respectively -- ** -- differential judging circuit 19b of Y judging circuit 19y, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits -- respectively -- ** -- differential judging circuit 19b of Z judging circuit 19z, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits -- respectively -- ** -- since -- [0026] into which a signal is inputted It detects whether absolute-value circuit 19a computes the absolute value of an electrical signal Fc, and the electrical signal Fc inputted it regardless of the positive/negative of distortion of an electrical signal Fc, i.e., the direction [force sensor / 17].

[0027] Differential judging circuit 19b computes the differential value of the output of absolute-value circuit 19a, and functions as a comparator which judges whether the differential value is over predetermined level. In this case, in the usual condition that the differential value is not over predetermined level, "0" is outputted, and when a differential value exceeds predetermined level, "1" is outputted. In addition, the rate gain of differential judging circuit 19b is set up based on the property of a biological material 15 or the whole equipment.

[0028] Proportionality judging circuit 19c computes the proportionality value of the output of absolute-value circuit 19a, and it judges whether the proportionality value is over predetermined level. And in the usual condition that this proportionality value is not over predetermined level, when "0" is outputted and a proportionality value exceeds predetermined level, "1" is outputted. Also about the proportional gain of this proportionality judging circuit 19c, it is set up based on the property of a biological material 15 or the whole equipment.

[0029] 19d of integral judging circuits computes the integral value of the output of absolute-value circuit 19a, and it judges whether the integral value is over predetermined level. And in the usual condition that the integral value is not over predetermined level, "0" is outputted, and when an integral value exceeds predetermined level, "1" is outputted. Moreover, if ON signal is outputted from a control unit 10 as shown in drawing 2 , integral control action will serve as ON, and if an OFF signal is outputted from a control unit 10, integral control action will be turned off (HOLD status) in 19d of integral judging circuits. In addition, the integral gain of 19d of integral judging circuits is set up based on the property of a biological material 15 or the whole equipment.

[0030] In the above differential judging circuit 19b, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits, each comparison level can be set up now according to an individual, and the electric noise and mechanism-noise of the whole equipment can determine it. Therefore, it can be set as a slightly bigger value than a noise level so that the above judgment circuits 19b, 19c, and 19d may operate neither by the electric noise nor the mechanism-noise.

[0031] OR circuit 19e is a logical circuit which calculates OR from the output of differential judging circuit 19b, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits. In this OR circuit 19e, when any one of the outputs of differential judging circuit 19b, proportionality judging circuit 19c, and 19d of integral judging circuits outputs "1", "1" is outputted. Hereafter, OR circuit 19e outputs, namely, "0" signals which the judgment circuit 19 outputs are indicated to be U signals, and "1" signal is indicated to be D signal. This U and D signal are outputted to the adjustable gain amplifier 20.

[0032] Next, actuation of the gestalt of this operation is explained. In the initial state according to which the actuation needle 14 does not touch a biological material 15, since distortion does not arise in a force sensor 17, the electrical signal Fc outputted from a detector 18 is "0." In the judgment circuit 19, it judges that an electrical signal Fc is "0", and U signal is outputted to the adjustable gain amplifier 20. With the adjustable gain amplifier 20, gain is set as actual size (x1) with inputted U signal.

[0033] In this initial state, if the location and passing speed which should operate a control unit 10 and the actuation needle 14 should move are directed, the command signal Pxyz of operation according to those directions will be outputted to a control circuit 11, and the command signal Vxyz of operation will be outputted to the adjustable gain amplifier 20. With the adjustable gain amplifier 20, gain is x1. It is set up and inputted Vxyz is outputted to a control circuit 11 as it is.

[0034] In a control circuit 11, the control signal which generated and generated the control signal based on the inputted command signal of operation is supplied to the XYZ stage 12. On the XYZ stage 12, the tip of the actuation needle 14 is moved to a desired location at the rate of a request according to the inputted control signal. And the actuation needle 14 contacts a biological material 15 by this actuation.

[0035] After the actuation needle 14 has contacted the biological material 15, in order that contact force may act on the actuation needle 14, distortion arises in a force sensor 17. This distortion is changed into an electrical signal Fc by the detector 18, and is outputted to the judgment circuit 19 by it. In the judgment circuit 19, while calculating the absolute value of an electrical signal Fc, the differential value, a proportionality value, and an integral value are computed, and these values are compared with predetermined judgment level (threshold), respectively.

[0036] Drawing 3 shows the timing chart at the time of detecting distortion of a Z direction among 3 ***** detectors of XYZ. In these drawings, Range A the condition that the actuation needle 14 began to contact a biological material 15 Range B the condition of having moved the actuation needle 14 in the XY direction, with the biological material 15 contacted Range D is pulled by the biological material 15 and Range C shows the condition of having separated from the biological material 15 after that, respectively, when the actuation needle 14 adheres the condition of having begun to separate the actuation needle 14 from the contact condition with a biological material 15 to a biological material 15. Absolute-value circuit 19a continues the output of a signal during these actuation.

[0037] A differential value becomes the beginning more than with judgment level (threshold) among the differential value mentioned above, a proportionality value, and an integral value. Differential judging circuit 19b is because a more nearly high-speed signal (for example, standup part of the signal Fc of the moment the actuation needle 14 contacted the biological material 15) has higher gain. For this reason, differential judging circuit 19b is the circuit which was most suitable for performing the contact judging in the beginning.

[0038] Later than this differential value, a proportionality value becomes more than judgment level (threshold). Proportionality judging circuit 19c is for compensating the fault of the differential value of "becoming the Koide force immediately although it becomes high power in the standup part of Signal Fc", and has the operation which performs a bond to the integral judging mentioned later.

[0039] And an integral value becomes the last more than with judgment level (threshold). An integral judging prevents judgment that the actuation needle 14 is non-contact, in the condition that distortion of a force sensor 17 is "0", although the actuation needle 14 touches the biological material 15. That is, even if a force sensor 17 is momentarily set to "0", the output of 19d of integral judging circuits is not immediately set to "0", but the output of 19d of integral judging circuits is set to "0" between fixed time amount (integral gain, i.e., a time constant) only after distortion of a force sensor 17 is set to "0." Since it is such, it is the means which was most suitable for an integral judging performing "a non-contact judging."

[0040] If a differential value exceeds judgment level first as mentioned above, from the judgment circuit

19, D signal will be outputted to the moment. And with the adjustable gain amplifier 20, gain is set to or less $x1 / 100$ in response to D signal. Thereby, migration of the actuation needle 14 becomes $x1 / 100$ or less jogging rate.

[0041] With the gestalt of such operation, when the actuation needle 14 contacts a biological material 15, the passing speed of the actuation needle 14 is slowed down automatically. Moreover, since the differential judging of the judgment circuit 19 detects a contact condition in an instant, damage on the actuation needle 14 and a biological material 15 can be prevented. Furthermore, although the actuation needle 14 touches the biological material 15 in order that, as for an integral judging, distortion of a force sensor 17 may perform a non-contact judging only after it becomes fixed time amount "0", passing speed is not accelerated even if distortion of a force sensor 17 is set to "0." For this reason, damage on the actuation needle 14 and a biological material 15 can be prevented.

[0042] (Gestalt 2 of operation) Drawing 4 shows the gestalt 2 of operation of this invention. With the gestalt of this operation, the XYZ jogging stage 22 is attached in the movable object 13, a force sensor 17 is attached in this XYZ jogging stage 22, and the actuation needle 14 is attached in the force sensor 17. Moreover, while the jogging control circuit 23 is connected to the XYZ jogging stage 22, the switching circuit 24 is connected to the jogging control circuit 23.

[0043] The XYZ jogging stage 22 makes the shaft orientations of XYZ carry out jogging actuation of the actuation needle 14, and constitutes a jogging good dynamic body.

[0044] The jogging control circuit 23 controls the XYZ jogging stage 21 so that the tip of the actuation needle 14 performs desired jogging actuation according to the command signal Pxyz of operation about the migration direction outputted from a control unit 10, and the command signal Vxyz of operation about passing speed. That is, by multiplying by predetermined gain ($1 / 100 - 1/1000$) to the command signal Vxyz of operation, this jogging control circuit 23 is controlled so that the tip of the actuation needle 14 performs moderation actuation, and it constitutes a jogging actuator.

[0045] The switching circuit 24 constitutes a selection means to choose either a control circuit 11 or the jogging control circuit 23. This switching circuit 24 is supplied to the control circuit 11 or the jogging control circuit 21 which chose the command signals Pxyz and Vxyz of operation outputted from a control unit 10. In a switching circuit 23, if U signal is outputted from the judgment circuit 19, Switch a will be chosen, and if D signal is outputted from the judgment circuit 19, Switch b will be chosen.

[0046] Furthermore, in addition to the same control as the gestalt 1 of operation, in the control circuit 11 of the gestalt of this operation, it has the hold facility which maintains the condition of the XYZ stage 12 the moment the input broke off (namely, the moment of switching from the switch a of a switching circuit 24 to Switch b).

[0047] Thus, with the gestalt of the constituted operation, the XYZ jogging stage 22, the jogging control circuit 23, and a switching circuit 24 can perform the moderation function of the adjustable gain amplifier 20 in the gestalt 1 of operation. In addition, there is a merit which can make the actuation needle 14 move slightly further compared with the gestalt 1 of operation by having the high resolution XYZ jogging stage 22.

[0048] in addition, the thing made to move slightly only the shaft which the detector outputted although actuation of all the shafts of the XYZ stage 12 is made to move slightly with the gestalt of the above operation when either of the detectors of the three directions of XYZ outputs an electrical signal Fc -- constituting like is also possible.

[0049]

[Effect of the Invention] In order according to invention of claim 1 to detect the contact force and to adjust passing speed with the optimal actuation needle automatically based on the magnitude of contact force, if an actuation needle contacts a cell as explained above, while change actuation of passing speed becomes unnecessary, it can prevent that the specimen and an actuation needle are damaged.

[0050] Since it has a differential means to give a moderation judging, and an integral means to give an acceleration judging according to invention of claim 2, moderation and acceleration control of an actuation needle can be ensured.

[0051] In order to move an actuation needle slightly automatically by the jogging actuator and the jogging control circuit, while change actuation of jogging becomes unnecessary according to invention of claim 3,

it can prevent that the specimen and an actuation needle are damaged.

[0052] According to invention of claim 4, the change of jogging of an actuation needle and a coarse adjustment is certainly controllable.

[Translation done.]

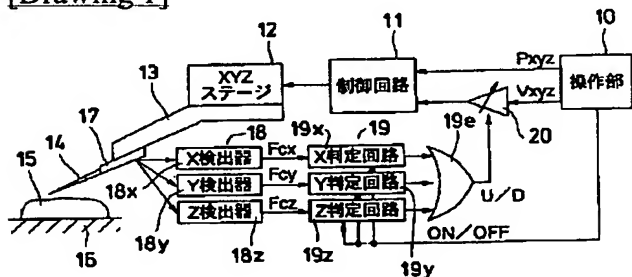
*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

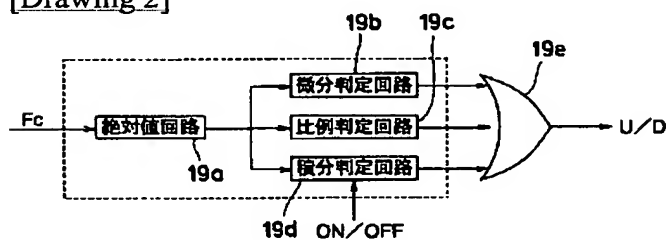
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

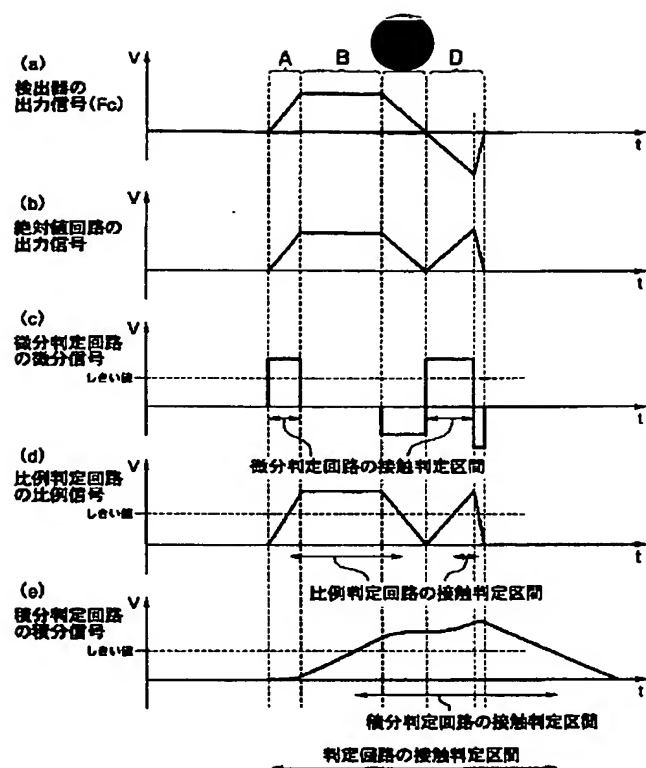
[Drawing 1]



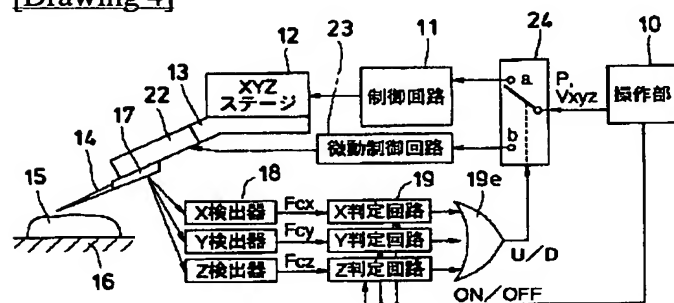
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-98258

(P2000-98258A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000. 4. 7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 2 B 21/32		G 0 2 B 21/32	
B 2 5 J 7/00		B 2 5 J 7/00	
C 1 2 M 1/00		C 1 2 M 1/00	A
G 0 5 D 3/12		G 0 5 D 3/12	M

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-270161

(22) 出願日 平成10年9月24日 (1998. 9. 24)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 酒井 信明

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100069420

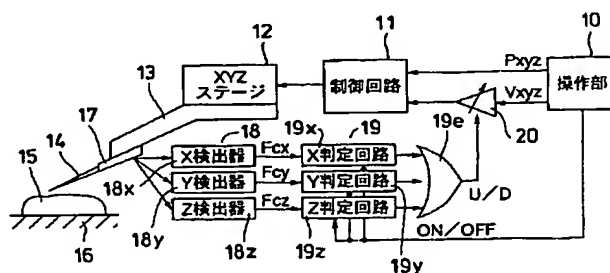
弁理士 奈良 武

(54) 【発明の名称】 マイクロマニピュレータ

(57) 【要約】

【課題】 操作針の粗動及び微動を自動的に切り替えて操作針や被検物の損傷を防止する。

【解決手段】 顕微鏡の視野下で操作針14を使用して被検物15を微細操作するマイクロマニピュレータであり、操作針14の移動方向、移動距離や移動速度等の動作内容を入力する入力手段及び入力された動作内容に応じて動作指令信号を出力する動作指令手段となる操作部10と、操作部10から出力された動作指令信号を動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータ12と、アクチュエータ12からの運動エネルギーを受けて操作針14を幾何学的に変位させる可動体13と、操作針14に作用する力を検出する力検出手段17と、力検出手段17に出力に基づいて操作針14の移動速度を制御する判定回路19及び可変ゲインアンプ20とを備えり。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 顕微鏡の視野下で操作針を使用して被検物を微細操作するマイクロマニピュレータにおいて、前記操作針を支持する支持体と、前記操作針の移動方向、移動距離や移動速度等の動作内容を入力する入力手段と、入力手段から入力された動作内容に応じて動作指令信号を出力する動作指令手段と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータと、アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に変位させる可動体と、前記支持体に取り付けられ前記操作針に作用する力を検出する力検出手段と、この力検出手段に出力に基づいて前記操作針の移動速度を制御する速度制御手段と、を備えていることを特徴とするマイクロマニピュレータ。

【請求項2】 前記速度制御手段は、前記操作針の移動速度の加速判定を施す積分手段と、前記操作針の移動速度の減速判定を施す微分手段とを有していることを特徴とする請求項1記載のマイクロマニピュレータ。

【請求項3】 顕微鏡の視野下で操作針を使用して被検物を微細操作するマイクロマニピュレータにおいて、前記操作針を支持する支持体と、前記操作針の移動方向、移動距離や移動速度等の動作内容を入力する入力手段と、入力手段から入力された動作内容に応じて動作指令信号を出力する動作指令手段と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータと、アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に変位させる可動体と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応すると共に前記アクチュエータよりも小さな機械的な運動エネルギーに変換する微動アクチュエータと、微動アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に微動変位させる微動可動体と、前記支持体に取り付けられ前記操作針に作用する力を検出する力検出手段と、この力検出手段からの検出値に基づいて前記アクチュエータと微動アクチュエータのどちらか一方を選択して前記動作指令信号を供給する選択手段と、を備えていることを特徴とするマイクロマニピュレータ。

【請求項4】 前記選択手段は、前記アクチュエータの選択判定を施す積分手段と、前記微動アクチュエータの選択判定を施す微分手段とを有していることを特徴とす

る請求項3記載のマイクロマニピュレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学顕微鏡下で行う細胞などの被検物を微細操作するマイクロマニピュレータに関する。

【0002】

【従来の技術】光学顕微鏡の周辺機器としてのマイクロマニピュレータは、光学顕微鏡の視野下に置いた細胞などの生体試料を遠隔から微細操作するために使用される。このマイクロマニピュレータとしては、特開平6-342121号公報に記載されるように、入力手段から被検物に接触する操作針の動作内容を指示し、この入力手段から入力された動作内容に応じた動作指令信号を動作指令手段が出力し、アクチュエータがこの動作指令信号に基づいて機械的な運動エネルギーに変換する。そして、操作針を支持する可動体がアクチュエータからの運動エネルギーによって幾何学的に変位する。これにより、マイクロピペットやニードル等を用いて細胞の摘出、分離、吸引、刺激などを行い、細胞のメカニズムを解析することができる。

【0003】かかるマイクロマニピュレータでは、顕微鏡視野下或いは顕微鏡視野外への素早い粗動動作と、被検物の微細操作に必要な精密な微動動作とが操作針に要求される。このため、特開平9-281404号公報には、ジョグによって操作針の移動を制御する発明が開示されている。この発明では、ジョグに速度制御手段及び駆動制御手段を順次接続し、駆動制御手段によって操作針を移動させるものであり、ジョグを速く回転させることにより操作針が移動量の大きな粗動動作を行い、ジョグをゆっくり回転させると移動量の小さな微動動作を行うように切り替えるようになっている。あるいは、押ボタンSWにより粗動と微動を切り替えるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら特開平9-281404号公報に記載されている速度制御では、操作者がジョグの回転速度または押ボタンSWをを切り替えているため、切り替え操作が面倒であるばかりでなく、誤操作を行うと、被検物や操作針が損傷したり、破壊する問題を有している。

【0005】本発明はこのような従来の問題点を考慮してなされたものであり、操作針の移動速度を目的に応じて自動調整することにより、操作者による切り替え操作を不要とすると共に、被検物や操作針の損傷を防止することが可能なマイクロマニピュレータを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、顕微鏡の視野下で操作針を使用

して被検物を微細操作するマイクロマニピュレータにおいて、前記操作針を支持する支持体と、前記操作針の移動方向、移動距離や移動速度等の動作内容を入力する入力手段と、入力手段から入力された動作内容に応じて動作指令信号を出力する動作指令手段と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータと、アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に変位させる可動体と、前記支持体に取り付けられ前記操作針に作用する力を検出する力検出手段と、この力検出手段に出力に基づいて前記操作針の移動速度を制御する速度制御手段と、を備えていることを特徴とする。

【0007】この発明において、操作針の移動方向等の動作内容が入力手段から入力されると、その動作内容に応じた動作指令信号がアクチュエータへ送出される。この動作指令信号はアクチュエータにより運動エネルギーに変換され、可動体へ供給される。その結果、操作針は指示した動作内容通りに移動する。このとき、操作針を支持する支持体は力検出手段を備えているので、操作針が細胞に接触すると、その接触力が検出される。速度制御手段は、接触力の大きさに基づいて操作針の最適な移動速度を求め、その結果、操作針を速度制御することができる。

【0008】請求項2の発明は、請求項1記載の発明であって、前記速度制御手段は、前記操作針の移動速度の加速判定を施す積分手段と、前記操作針の移動速度の減速判定を施す微分手段とを有していることを特徴とする。

【0009】この発明では、速度制御手段が減速判定を施す微分手段と加速判定を施す積分手段とを備えているので、操作針を減速及び加速制御することができる。

【0010】請求項3の発明は、顕微鏡の視野下で操作針を使用して被検物を微細操作するマイクロマニピュレータにおいて、前記操作針を支持する支持体と、前記操作針の移動方向、移動距離や移動速度等の動作内容を入力する入力手段と、入力手段から入力された動作内容に応じて動作指令信号を出力する動作指令手段と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータと、アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に変位させる可動体と、動作指令手段から出力された動作指令信号を前記動作内容に対応すると共に前記アクチュエータよりも小さな機械的な運動エネルギーに変換する微動アクチュエータと、微動アクチュエータからの運動エネルギーを受けて前記支持体を幾何学的に微動変位させる微動可動体と、前記支持体に取り付けられ前記操作針に作用する力を検出する力検出手段と、この力検出手段からの検出値に基づいて前記アクチュエータと微動アクチュエータのどちらか一方を選

択して前記動作指令信号を供給する選択手段と、を備えていることを特徴とする。

【0011】この発明では、操作針の移動方向等の動作内容が入力手段から入力されると、その動作内容に応じた動作指令信号が選択手段に供給される。選択手段は支持体に設けられた力検出手段の出力に基づいて、操作針の動作は微動と粗動のどちらが適切かを判断し、動作指令信号の送出先を選択する。粗動が適切であると判断した場合、動作指令信号はアクチュエータへ送出される。送出された動作指令信号はアクチュエータにより運動エネルギーに変換され、可動体へ供給される。これにより操作針は指示した動作内容通りに粗動移動する。一方、微動が適切であると判断した場合、動作指令信号は微動アクチュエータへ送出される。この動作指令信号は微動アクチュエータにより小さな運動エネルギーに変換され、微動可動体へ供給される。これにより操作針は指示した動作内容に沿って微動移動する。従って、この発明では、操作針の微動及び粗動を切り替える制御を行うことができる。

【0012】請求項4の発明は、請求項3記載の発明であって、前記選択手段は、前記アクチュエータの選択判定を施す積分手段と、前記微動アクチュエータの選択判定を施す微分手段とを有していることを特徴とする。

【0013】この発明では、選択手段が粗動の選択判定を施す積分手段と、微動の選択判定を施す微分手段を有しているので、操作針の微動及び粗動の切り替えを確実に制御することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示する実施の形態により具体的に説明する。なお、各実施の形態において、同一の要素は同一の符号を付して対応させてある。

【0015】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1のマイクロマニピュレータを示し、操作部10に制御回路11が接続され、制御回路11にXYZステージ12が接続されており、XYZステージ12にホルダ13が取り付けられている。ホルダ13には力センサ14が取り付けられ、力センサ14に操作針14が支持されている。この操作針14は試料台16上に設けられた被検体である細胞などの生体試料15と接触する。又、力センサ14には検出器18が接続され、検出器18に判定回路19が接続されている。判定回路19は後述するOR回路19eを備えており、このOR回路19eが操作部10と制御回路11との間に挿入された可変ゲインアンプ20に接続されている。

【0016】操作針14は生体試料15に微細な操作を加えるため、先端が先鋭化された探針からなる。又、操作針14はガラス電極からなるニードルやマイクロピペットなどであっても良い。

【0017】ホルダ13は可動体を構成するものであり、XYZステージ12に取り付けられることにより、

XYZの3軸方向に移動する。

【0018】操作部10は操作者によって操作針14の移動方向、移動位置や移動速度などの動作内容が入力される。そして、入力された動作内容を動作指令信号に変換して、制御回路11及び可変ゲインアンプ20に出力する。従って、操作部10は操作針14の動作内容を入力する入力手段及び入力された動作内容を動作指令信号として出力する動作指令手段を構成する。この場合、移動方向や移動位置に関する動作指令信号Pxyzを制御回路11に出力し、移動速度に関する動作指令信号Vxyzを可変ゲインアンプ20に出力する。なお、操作部10では、動作内容が入力されている間はON信号を出力し、それ以外はOFF信号を出力する。この操作部10としては、ジョイスティック、トラックボール或いはキーボードなどによって構成される。

【0019】可変ゲインアンプ20は後述する判定回路19の指示に従い、操作部10から出力される動作指令信号Vxyzのゲインを変更するものである。すなわち、判定回路19から後述するU信号が出力されたとき、ゲインを1倍（等倍）に設定し、判定回路19から後述するD信号が出力されたとき、ゲインを1/100～1/1000に設定する。なお、これらのゲイン設定値は用途に応じて変更することが好ましい。そして可変ゲインアンプ20は設定したゲインにより変更されたVxyzを制御回路11に出力する。

【0020】制御回路11は、操作部10から出力される移動方向や移動位置に関する動作指令信号Pxyzおよび可変ゲインアンプ20からの出力信号（ゲイン×Vxyz）に応じて操作針14の先端が所望の動作を行うようXYZステージ12を制御する。この制御方式としては、オープンループ制御あるいは操作針14の位置を検出する位置センサを設け、そのセンサに基づくフィードバック制御のどちらであっても良い。

【0021】XYZステージ12は制御回路11からの出力に従って、ホルダ13をXYZの3軸方向に移動させる。これにより操作針14がXYZの3軸方向に移動する。従って、制御回路11及びXYZステージ12は、操作針14の動作内容に対応した機械的な運動エネルギーに変換するアクチュエータとして作用する。

【0022】カセンサ17はホルダ13に支持された状態で操作針14を支持すると共に、操作針14に作用する力を検出する。カセンサ17としては、起歪体と、起歪体に設けられ歪みに応じて抵抗値が変化する歪みゲージとによって構成される。かかるカセンサ17としては、1軸に限らず、2軸或いは3軸方向の力を検出することが好ましい。又、カセンサ17としては、特開平9-257612号公報に記載された力覚センサを用いても良い。

【0023】検出器18はカセンサ17の歪みによる抵抗値の変化量を電気信号として判定回路19に出力す

る。この検出器18はカセンサ17のX方向の歪みを検出し、その電気信号Fcxを判定回路19に出力するX検出器18xと、カセンサ17のY方向の歪みを検出し、その電気信号Fcyを判定回路19に出力するY検出器18yと、カセンサ17のZ方向の歪みを検出し、その電気信号Fczを判定回路19に出力するZ検出器18zとによって構成されている。なお、以下の説明では、電気信号Fcx、Fcy及びFczを総称した電気信号をFcと記載する。

【0024】判定回路19はXYZの3軸のそれぞれの方向への判定回路を備えている。すなわち、判定回路19はX検出器18xから電気信号Fcxが入力されるX判定回路19xと、Y検出器18yから電気信号Fcyが入力されるY判定回路19yと、Z検出器18zから電気信号Fczが入力されるZ判定回路19zとを備えている。これらの判定回路19x、19y、19zは各検出器18x、18y、18zからの電気信号Fcx、Fcy、Fczを監視し、電気信号Fcx、Fcy、Fcz（電気信号Fc）が所定のレベルを超えているか否かを判定する。

【0025】図2はそれぞれの判定回路19x、19y、19zの内部の構成を示し、それぞれの判定回路19x、19y、19zは絶対値回路19a、微分判定回路19b、比例判定回路19c及び積分判定回路19dを有している。判定回路19はさらに、これらの回路の全体からの信号が入力されるOR回路19eを有している。すなわち、OR回路19eは、X判定回路19xの微分判定回路19b、比例判定回路19c及び積分判定回路19dのそれぞれと、Y判定回路19yの微分判定回路19b、比例判定回路19c及び積分判定回路19dのそれぞれと、Z判定回路19zの微分判定回路19b、比例判定回路19c及び積分判定回路19dのそれぞれとから信号が入力される。

【0026】絶対値回路19aは電気信号Fcの絶対値を算出するものであり、電気信号Fcの正負、すなわちカセンサ17の歪みの方向に無関係に電気信号Fcが入力したか否かを検出する。

【0027】微分判定回路19bは絶対値回路19aの出力の微分値を算出し、その微分値が所定のレベルを超えているか否かを判断する比較器として機能する。この場合、微分値が所定のレベルを超えていない通常の状態では、「0」が出力され、微分値が所定のレベルを超えたときに「1」が出力される。なお、微分判定回路19bの微分ゲインは生体試料15や装置全体の特性に基づいて設定される。

【0028】比例判定回路19cは絶対値回路19aの出力の比例値を算出し、その比例値が所定のレベルを超えているか否かを判断する。そして、この比例値が所定のレベルを超えていない通常の状態では「0」が出力され、比例値が所定のレベルを超えたとき、「1」が出力

される。この比例判定回路 19 c の比例ゲインについても、生体試料 15 や装置全体の特性に基づいて設定される。

【0029】積分判定回路 19 d は絶対値回路 19 a の出力の積分値を算出し、その積分値が所定のレベルを超えているか否かを判断する。そして、積分値が所定のレベルを超えていない通常の状態では、「0」が出力され、積分値が所定のレベルを超えた場合に「1」が出力される。又、積分判定回路 19 d では図 2 に示すように、操作部 10 から ON 信号が出力されると積分動作が ON となり、操作部 10 から OFF 信号が出力されると、積分動作が OFF (ホールド状態) になる。なお、積分判定回路 19 d の積分ゲインは生体試料 15 や装置全体の特性に基づいて設定される。

【0030】以上の微分判定回路 19 b、比例判定回路 19 c、積分判定回路 19 d において、それぞれの比較レベルは個別に設定できるようになっており、装置全体の電気ノイズやメカ的なノイズによって決定することができる。従って、電気ノイズやメカ的なノイズによって以上の判定回路 19 b、19 c、19 d が作動しないように、ノイズレベルよりも僅かに大きな値に設定することができる。

【0031】OR 回路 19 e は微分判定回路 19 b、比例判定回路 19 c 及び積分判定回路 19 d の出力に対して OR を求めるロジック回路である。この OR 回路 19 e では、微分判定回路 19 b、比例判定回路 19 c、積分判定回路 19 d の出力の内、いずれか一つが「1」を出力することにより「1」を出力する。以下、OR 回路 19 e が出力する、すなわち判定回路 19 が出力する「0」信号を U 信号と記載し、「1」信号を D 信号と記載する。この U 及び D 信号は可変ゲインアンプ 20 に出力される。

【0032】次に、この実施の形態の作動を説明する。操作針 14 が生体試料 15 に接触していない初期状態では、力センサ 17 には歪みが生じないため、検出器 18 から出力される電気信号 F c は「0」である。判定回路 19 では、電気信号 F c が「0」であることを判断し、可変ゲインアンプ 20 に U 信号を出力する。可変ゲインアンプ 20 では入力された U 信号によって、ゲインを等倍 ($\times 1$) に設定する。

【0033】この初期状態において、操作部 10 を操作して操作針 14 が移動すべき位置及び移動速度を指示すると、その指示に応じた動作指令信号 P x y z が制御回路 11 に出力され、動作指令信号 V x y z が可変ゲインアンプ 20 に出力される。可変ゲインアンプ 20 では、ゲインが $\times 1$ に設定されており、入力された V x y z はそのまま制御回路 11 に出力される。

【0034】制御回路 11 では、入力された動作指令信号に基づいて制御信号を生成し、生成した制御信号を X Y Z ステージ 12 に供給する。X Y Z ステージ 12 で

は、入力された制御信号に従い、操作針 14 の先端を所望の位置に所望の速度で移動させる。そして、この動作によって操作針 14 が生体試料 15 に接触する。

【0035】操作針 14 が生体試料 15 に接触した状態では、操作針 14 に接触力が作用するため、力センサ 17 に歪みが生じる。この歪みは検出器 18 によって電気信号 F c に変換され、判定回路 19 に出力される。判定回路 19 では、電気信号 F c の絶対値を求めると共に、その微分値、比例値、積分値を算出し、これらの値をそれぞれ所定の判定レベル (しきい値) と比較する。

【0036】図 3 は X Y Z の 3 軸ある検出器の内、Z 方向の歪みを検出した場合のタイミングチャートを示す。これらの図において、範囲 A は操作針 14 が生体試料 15 に接触し始めた状態を、範囲 B は操作針 14 を生体試料 15 に接触したまま X Y 方向に移動させた状態を、範囲 C は操作針 14 を生体試料 15 との接触状態から離し始めた状態を、範囲 D は操作針 14 が生体試料 15 に付着することにより生体試料 15 に引っ張られ、その後、生体試料 15 から離れた状態をそれぞれ示す。これらの作動中、絶対値回路 19 a は信号の出力を継続する。

【0037】上述した微分値、比例値及び積分値の内、微分値が最初に判定レベル (しきい値) 以上となる。微分判定回路 19 b は高速な信号 (例えば、操作針 14 が生体試料 15 に接触した瞬間の信号 F c の立ち上がり部分) ほどゲインが高いためである。このため、微分判定回路 19 b は、当初における接触判定を行うのに最も適した回路となっている。

【0038】この微分値に遅れて比例値が判定レベル (しきい値) 以上となる。比例判定回路 19 c は「信号 F c の立ち上がり部分では大出力となるが、すぐに小出力となる」という微分値の欠点を補うためのものであり、後述する積分判定へつなぎを行う作用を有している。

【0039】そして、最後に積分値が判定レベル (しきい値) 以上となる。積分判定は操作針 14 が生体試料 15 に接触しているにも関わらず、力センサ 17 の歪みが「0」になっている状態のときに操作針 14 が非接触であるという判定を防止するものである。すなわち、力センサ 17 が瞬間的に「0」になったとしても、積分判定回路 19 d の出力は直ちに「0」とならず、一定時間 (積分ゲイン、すなわち時定数) の間、力センサ 17 の歪みが「0」になってはじめて積分判定回路 19 d の出力が「0」となる。このようなことから、積分判定は「非接触判定」を行うのに最も適した手段である。

【0040】以上のようにして、微分値が最初に判定レベルを超えると、その瞬間に判定回路 19 からは D 信号が出力される。そして可変ゲインアンプ 20 では D 信号を受けて、ゲインを例えば、 $\times 1 / 100$ 以下に設定する。これにより、操作針 14 の移動が $\times 1 / 100$ 以下の微動速度となる。

【0041】このような実施の形態では、操作針14が生体試料15に接触することによって、操作針14の移動速度が自動的に減速される。又、判定回路19の微分判定により瞬時に接触状態を検出するため、操作針14及び生体試料15の損傷を防止することができる。さらに、積分判定は、力センサ17の歪みが一定時間「0」になってはじめて非接触判定を行うため、操作針14が生体試料15に接触しているにも関わらず、力センサ17の歪みが「0」になっても移動速度が加速されない。このため、操作針14及び生体試料15の損傷を防止することができる。

【0042】（実施の形態2）図4は本発明の実施の形態2を示す。この実施の形態では、可動体13にXYZ微動ステージ22が取り付けられ、このXYZ微動ステージ22に力センサ17が取り付けられ、力センサ17に操作針14が取り付けられている。又、XYZ微動ステージ22には微動制御回路23が接続されると共に、微動制御回路23にスイッチ回路24が接続されている。

【0043】XYZ微動ステージ22は操作針14をXYZの軸方向に微動動作させるものであり、微動可動体を構成する。

【0044】微動制御回路23は操作部10から出力される移動方向に関する動作指令信号Pxyz及び移動速度に関する動作指令信号Vxyzに応じて操作針14の先端が所望の微動動作を行うようXYZ微動ステージ21を制御する。すなわち、この微動制御回路23は動作指令信号Vxyzに対して所定のゲイン（ $1/100 \sim 1/1000$ ）を乗じることにより、操作針14の先端が減速動作を行うように制御するものであり、微動アクチュエータを構成する。

【0045】スイッチ回路24は制御回路11又は微動制御回路23のいずれか一方を選択する選択手段を構成している。このスイッチ回路24は操作部10から出力される動作指令信号Pxyz及びVxyzを選択した制御回路11又は微動制御回路21に供給する。スイッチ回路23では、判定回路19からU信号が出力されるとスイッチaを選択し、判定回路19からD信号が出力されるとスイッチbを選択する。

【0046】さらに、この実施の形態の制御回路11では、実施の形態1と同様な制御に加えて、入力途切れた瞬間（すなわち、スイッチ回路24のスイッチaからスイッチbに切り換わった瞬間）にXYZステージ12の状態を維持するホールド機能を有している。

【0047】このように構成された実施の形態では、実施の形態1における可変ゲインアンプ20の減速機能をXYZ微動ステージ22、微動制御回路23及びスイッ

チ回路24により行うことができる。これに加えて、高分解能なXYZ微動ステージ22を備えることにより、実施の形態1に比べて操作針14をさらに微動させることができるメリットがある。

【0048】なお、以上の実施の形態では、XYZの3方向の検出器のいずれかが電気信号Fcを出力したとき、XYZステージ12の全ての軸の作動を微動させているが、検出器が出力した軸だけを微動させることように構成することも可能である。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、操作針が細胞に接触すると、その接触力が検出され、接触力の大きさに基づいて操作針の最適な移動速度を自動的に調整するため、移動速度の切り替え操作が不要となると共に、被検物や操作針が損傷することを防止することができる。

【0050】請求項2の発明によれば、減速判定を施す微分手段と加速判定を施す積分手段とを備えているので、操作針の減速及び加速制御を確実に行うことができる。

【0051】請求項3の発明によれば、微動アクチュエータ及び微動制御回路によって操作針の微動を自動的に行うため、微動の切り替え操作が不要となると共に、被検物や操作針が損傷することを防止することができる。

【0052】請求項4の発明によれば、操作針の微動及び粗動の切り替えを確実に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の構成を示すブロック図である。

【図2】判定回路のブロック図である。

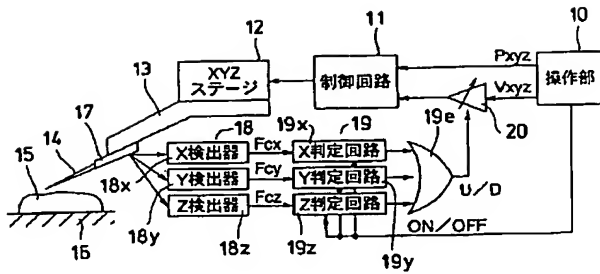
【図3】実施の形態1における作動のタイミングチャートである。

【図4】実施の形態2の構成を示すブロック図である。

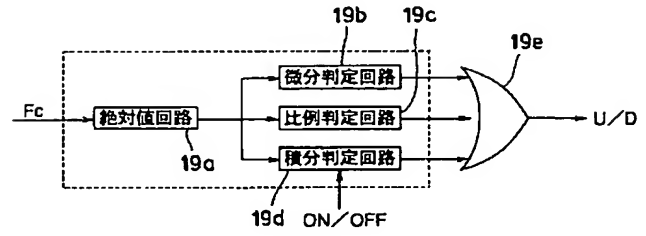
【符号の説明】

- 10 操作部
- 11 制御回路
- 12 XYZステージ
- 13 ホルダ
- 14 操作針
- 15 生体試料
- 17 力センサ
- 18 検出器
- 19 判定回路
- 20 可変ゲインアンプ
- 22 XYZ微動ステージ
- 23 微動制御回路
- 24 スwitch回路

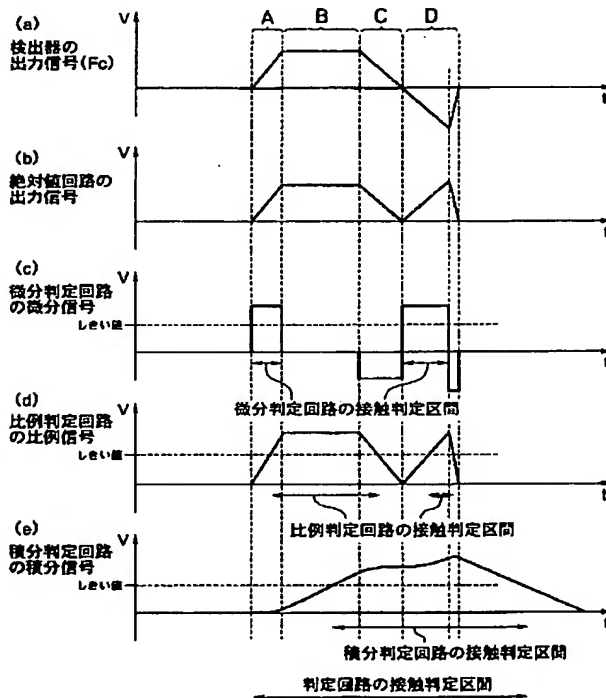
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

